

A dark blue vertical bar on the left side of the slide. A blue arrow points to the right from the bar, containing the date.

8-8-2017

Regiones funcionales en los municipios del norte del departamento del Magdalena Colombia:

Un enfoque desde el modelo clásico de Christaller

Regiones funcionales en los municipios del norte del departamento del Magdalena Colombia: un enfoque desde el modelo clásico de Christaller

Nestor Fernando Garza Puentes
Director de tesis

José Alfonso Sáenz Zapata
Maestría en economía



Universidad del Norte
Barranquilla
2017

Dedicatoria

Dedito este trabajo de grado a Jehová Dios, por ser el soberano del Universo. A mis padres: Segundo Alfonso Sáenz Fajardo y Luz Marina Zapata de Sáenz, por formarme, para ellos toda mi gratitud, respeto y honra. A mi esposa por brindarme su apoyo y comprensión durante la maestría. A Colciencias y la Gobernación del Magdalena por otorgarme la beca que hizo posible que hiciera la maestría.

Resumen

El objetivo de esta investigación es identificar las regiones funcionales en los municipios del norte del departamento del Magdalena (Colombia), en el marco de la teoría clásica de los lugares centrales de Christaller. El método empleado para tal fin, fue la teoría de grafos, una rama de las matemáticas. El grafo utilizado fue un grafo no dirigido y conexo. Los resultados encontrados, muestran la existencia de lugares centrales de primer y segundo orden. Los lugares centrales de primer orden son Santa Marta y Barranquilla, los bienes y servicios que más consumen los hogares en estas ciudades son: la consulta con un especialista médico, y la compra de muebles y electrodomésticos (principalmente electrodomésticos). Por su parte, los lugares centrales de segundo orden son: Ciénaga, Fundación y Pivijay; y los bienes y servicios que más consumen los hogares en estos lugares centrales, son alimentos, víveres y abarrotes. Se sugiere mejorar la malla vial secundaria y terciaria, entre los corregimientos y los lugares centrales identificados en el estudio, como una política de desarrollo territorial a privilegiar, además del diseño de una micro-regionalización, con la cual se puede acercar más la administración del Estado a la realidad territorial local, y de esta manera, generar un impacto en el desarrollo potencial de una región que en el pasado fue objeto del conflicto interno armado.

Palabras clave: Teoría de grafos, regiones funcionales, teoría de los lugares centrales

Clasificación JEL: R, R1, R12.

Introducción

Las regiones funcionales se configuran a partir de las relaciones que puedan existir entre los territorios. Saber cuáles son las regiones funcionales es de gran utilidad para los hacedores y ejecutores de políticas públicas regionales, ya que dicho conocimiento les permitirá alcanzar el mayor impacto en el desarrollo regional.

Una manera de descubrir las regiones funcionales de un territorio es a través de las teorías de los lugares centrales; las cuales ofrecen herramientas de gran utilidad para el análisis geográfico de las relaciones económicas entre ciudades. El principal expositor de estas teorías es el geógrafo alemán Walter Christaller, quien dio origen a las teorías de los lugares centrales con su modelo sobre lugares centrales a partir de jerarquías de ciudades en un espacio isotrópico.

Este estudio se fundamenta teóricamente en el modelo clásico de Christaller, y emplea como método la teoría de grafos para la contrastación empírica del modelo de Christaller en los municipios del norte del departamento del Magdalena, Colombia.

El documento inicialmente presenta el modelo de Christaller, después se centra en un debate teórico sobre las teorías de los lugares centrales vs la nueva geografía económica; abordando después los antecedentes. Posteriormente, se explica el método empleado en esta investigación -la teoría de grafos-, y cómo éste es útil en la identificación de las regiones funcionales a la luz de las teorías de los lugares centrales. Por último, se presentan los resultados y conclusiones.

1. El modelo clásico de Christaller

Christaller plantea una organización jerárquica de ciudades, las cuales operan como lugares centrales que ofrecen bienes y servicios en un espacio isotrópico, es decir, homogéneo. La jerarquía de las ciudades está determinada por el umbral del lugar central, entendiéndose como umbral, un radio a la redonda del lugar central que abarca la población mínima -la población se distribuye de manera homogénea a lo largo del espacio isotrópico- que una empresa requiere para alcanzar su punto de equilibrio en ventas. Los lugares centrales de mayor rango, son entonces aquellos que tienen el mayor umbral, además de ser los únicos que ofrecen bienes de tipo superior. En este modelo, se entiende por bienes superiores, como bienes escasos, sofisticados y con altas economías de escala, esta definición difiere de la empleada en microeconomía, donde los bienes superiores son aquellos cuyo consumo, se incrementa al aumentar la renta de los individuos (en este documento, la definición de bienes superiores, es la empleada por el modelo de Christaller, y no la utilizada por la microeconomía). Por otro lado, las ciudades de menor rango son aquellas que tienen umbrales pequeños, y ofrecen bienes inferiores. En el modelo de Christaller, los bienes inferiores, son bienes comunes (como los que ofrecen las tiendas y las gasolineras), con economías de escala reducidas y de consumo frecuente; por su puesto, esta definición difiere de la empleada por la microeconomía, en donde los bienes inferiores, son aquellos, cuya demanda disminuye cuando aumenta el ingreso (en este documento, la definición de bienes inferiores, es la empleada por el modelo de Christaller, y no la utilizada por la microeconomía)

Los supuestos básicos del modelo son los siguientes (Asuad, 2014):

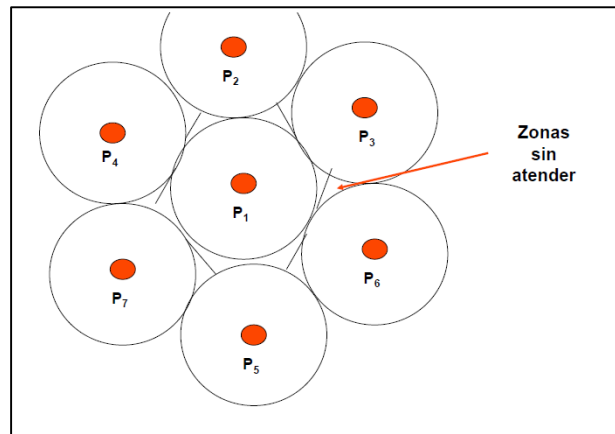
1. La superficie es isotrópica, es decir homogénea.
2. El desplazamiento puede ocurrir en todas las direcciones, sin barreras físicas al movimiento.
3. Solo existe un tipo de transporte, y el costo de transporte está en función de la distancia.

4. La población se distribuye a lo largo de la superficie en forma uniforme.
5. Existe racionalidad por parte de los consumidores y productores
6. La población posee los mismos recursos.
7. La demanda y las preferencias de los consumidores son homogéneas.

Las empresas se enfrentan al ya presentado umbral, entendido como el área de la circunferencia que envuelve a la empresa y determina la cantidad de consumidores necesarios para alcanzar el punto de equilibrio en ventas. El rango de mercado hace referencia a la distancia máxima que los consumidores están dispuestos a recorrer para adquirir el bien o servicio. Ahora bien, si el umbral es mayor al rango de mercado, el bien o servicio no se puede producir; por lo tanto, el umbral debe ser menor o igual al rango de mercado.

Por su parte, si cada empresa se ubica en el espacio isotrópico, con su respectivo umbral y rango de mercado, podría verse la configuración de la estructura espacial de las áreas de mercado, la cual tiene la siguiente forma:

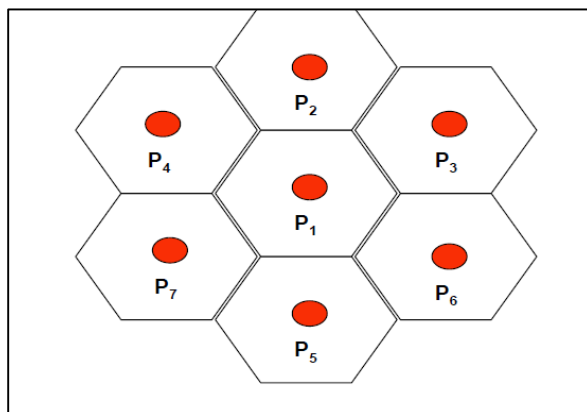
Ilustración 1. Configuración de la estructura espacial de las áreas de mercado a partir de círculos.



Fuente: Tomado de (Asuad, 2014).

En la ilustración 1, cada punto es una empresa con su respectivo umbral y rango de mercado. Sus umbrales y rangos no se superponen, lo que le confiere a la empresa cierto poder monopolístico dentro de su respectivo umbral. En la ilustración 1, sin embargo, existen ciertas zonas del mercado que no son atendidas por las empresas, lo que sugiere ineficiencia. Para remediar esta situación, Christaller, propuso que en lugar de representar el umbral y el rango con un círculo, se emplearan hexágonos (la figura geométrica más cercana al círculo); de esta manera se solucionaría el problema de las zonas de ineficiencia. La configuración de la estructura espacial de las áreas de mercado, quedaría representada de la siguiente manera:

Ilustración 2. Configuración de la estructura espacial de las áreas de mercado a partir de hexágonos.



Fuente: Tomado de (Asuad, 2014).

Además del umbral y el rango de mercado, existe otro elemento que determina la jerarquía en una estructura espacial de áreas de mercado: se trata del tipo de bien o servicio producido. Hay dos tipos de bienes o servicios, están los bienes o servicios superiores y los inferiores; cada uno de estos bienes cumple unas características específicas. Los bienes superiores: son escasos, sofisticados, presentan economías de escala altas, son de consumo poco frecuente, y, los consumidores no requieren desplazamientos constantes para adquirirlos. Por su parte, los bienes inferiores: son comunes, como los bienes que ofrecen las tiendas, presentan economías de escala pequeñas, son de consumo frecuente, y se requiere gran necesidad de desplazamiento para acceder a ellos (Asuad, 2014).

Así las cosas, a mayor tamaño del lugar central, mayores posibilidades de oferta de bienes o servicios superiores; en tanto que, a menor tamaño del lugar central, los bienes y servicios inferiores ocuparán un mayor porcentaje de la producción total.

Otra característica del modelo de Christaller tiene que ver con los principios de organización espacial de las jerarquías de ciudades; es decir, cuántos lugares centrales inferiores están bajo la influencia de cada lugar central superior. Christaller considera tres principios de organización, éstos son los criterios de mercado, transporte y administración. Así, siendo k la relación numérica entre el lugar central y sus niveles inmediatamente inferiores, Christaller considera $k = 1, 4, 7$.

El principio de mercado, sistema $k=3$.

En el sistema $k=3$, hay tres regiones complementarias en cada tipo de lugar central u orden. En cada uno de estos lugares centrales u orden, se ofrece un tipo de servicio o bien; así por ejemplo, en el primer orden, se ofrecen bienes y servicios propios del primer orden; en el lugar central de segundo orden, se ofrecen bienes servicios de segundo orden, y así sucesivamente (Becerra, 2013).

El principio de transporte, sistema $k=4$.

El principio de transporte, o sistema $k=4$, es un sistema que tiene en cuenta las posibles rutas de tráfico, para establecer las conexiones entre los lugares centrales del sistema. Así, los lugares centrales estarían alineados en función de diferentes rutas o conexiones que salen desde el punto central del lugar central, hacia todas las direcciones (Becerra, 2013).

El principio de administración, sistema k=7.

En este principio, los límites de los lugares centrales están establecidos por distritos administrativos individuales. Bajo este principio, se crean distritos con poblaciones y áreas similares bajo el mismo nivel jerárquico, siendo éstos, dominados por un lugar central superior.

Ahora bien, la configuración de un sistema jerárquico de lugares centrales, da origen a regiones que tienen una connotación de centro periferia. Según Rondinelli, Dennis (1988), una región es “*un conjunto de interrelaciones sociales y económicas entre núcleos urbanos centrales y áreas rurales periféricas*” (Rondinelli, 1988, pág. 89). Dentro de las clasificaciones, de regiones centro periferia que expone Rondinelli, Dennis (1988), se encuentran las regiones **áreas centro**; este tipo de regiones cuentan con una o dos ciudades que operan como núcleo central, con sus respectivas áreas rurales circundantes (Rondinelli, 1988). Así, para un área rural periférica, el acceso a un sistema integrado de mercados es fundamental para que los campesinos puedan vender sus productos, y de paso, puedan acceder a insumos y tecnologías (Rondinelli, 1988). En este sentido, un trabajo aplicado para el caso de la subregión del Canal del Dique en los departamentos de Bolívar y Atlántico, en Colombia, muestra cómo los campesinos, pescadores y ganaderos, venden sus productos en dos grandes centros regionales: Cartagena y Barranquilla; y a la vez, cómo éstos, adquieren insumos en estos mismos centros regionales (López Pineda & Sáenz Zapata, 2014)

2. El debate teórico, nueva geografía económica (NGE) vs teorías de los lugares centrales (TLC).

En esta sección se aborda el debate entre nueva geografía económica (NGE) y las teorías de los lugares centrales (TLC). El debate se centra en los puntos a favor y en contra de cada corriente de pensamiento. Inicialmente se muestran los puntos a favor y en contra de la NGE, y luego, los puntos a favor y en contra de las TLC.

Pueden mencionarse cuatro etapas del desarrollo de la geografía económica: 1) teoría de la localización, 2) ciencia regional¹, 3) la geografía económica y 4) nueva geografía económica (Ciegis, Pareigis, & Burgis, s.f). Desde que surgió la NGE a principios de los 90s, con los primeros aportes de Krugman y Fujita, ha habido un debate teórico –algo acalorado– entre los promotores de la NGE y los geógrafos. Por ejemplo, el descontento de los geógrafos con la NGE se manifestó en su hostilidad hacia el Reporte sobre Desarrollo 2009 del Banco Mundial, titulado: World Development Report 2009: Reshaping Economic Geography, en el cual, las explicaciones sobre geografía económica se centraron esencialmente en las teorías de la NGE, dejando a un lado las teorías clásicas de la geografía económica (Buckley & Buckley, 2009).

2.1 Puntos a favor y en contra de la NGE

La NGE tuvo sus inicios a principios de los 90s, con los aportes de Krugman, quien planteó un modelo matemático microfundamentado de equilibrio general, fundamentándose en teorías del comercio internacional y de la organización industrial (Vélez, 2008).

Este marco teórico ha sido el blanco de muchas críticas; sin embargo, también son muchos sus aportes y puntos a favor. Por ejemplo, la NGE tiene el mérito de haber enmarcado ideas ya existentes en el campo de la geografía y de las teorías de la localización en un modelo de equilibrio

¹ Estos dos son teoría de los lugares centrales.

general, lo que trajo de regreso a la geografía en los debates de los economistas de la corriente dominante (Ottaviano & Francois, 2005).

Otra de las ventajas que ha provisto la NGE, desde el punto de vista político, tiene que ver con que los modelos matemáticos -resultado de la microfundamentación de la NGE- resaltan los efectos directos e indirectos de la intervención pública (Ottaviano & Francois, 2005). Así mismo, estos modelos matemáticos, permiten la simulación del impacto de políticas públicas (Cuadrado, 2012)

En cuanto a las críticas que atañen a la NGE, una de las más renombradas en la literatura, tiene que ver la falta de análisis espacial que estas teorías tienen; como mencionan Garza & Pugliese (2008), la NGE no tiene un referente espacial explícito, salvo la alusión a dos regiones: una capitalista y otra agrícola. Ottaviano & Francois (2005), reafirman lo expuesto por Garza & Pugliese (2008), al decir que la NGE ofrece un marco muy pobre en términos de la estructura espacial, y Mulligan & Carruther (2012), dicen que la carencia de atributos espaciales en los modelos de la NGE, los aleja del mundo real. El espacio, es pues, uno de los aspectos en los que la NGE tiene que trabajar duramente; tarea que no es fácil ya que mantenerse en el marco del modelo de equilibrio general hace complicado la endogenización del espacio dentro de los modelos. Esta desventaja de la NGE es el punto fuerte en los modelos de TLC; estos modelos son ricos en análisis espacial, son muy gráficos y descriptivos, de hecho, el modelo original de Christaller es un modelo descriptivo, basado en figuras geométricas para representar el espacio.

No solo el espacio es idealizado en la NGE, la historia no existe (entendiendo como historia el tiempo lógico de una cadena de eventos, y no la historia real). Como dijo Augusto Lösch, la importancia de la historia en el análisis geográfico, es crucial en el entendimiento de este tipo de eventos (Garretsen & Martin, 2010, pág. 130). Una solución al problema del análisis de la historia en el ámbito geográfico, es la geografía económica evolutiva (Garretsen & Martin, 2010)

Otra crítica sobre la NGE, es su dificultad para ser contrastada empíricamente, (Vélez, 2008). Un análisis bibliométrico realizado por Garza & Pugliese (2008), revela que la NGE incursionó a partir del 2000, en la revista *Journal of Urban Economics*, siendo la mayor parte de sus artículos de corte teórico. Lo anterior, refuerza la idea de la dificultad para contrastar empíricamente los modelos de la NGE. Algunos trabajos empíricos de la NGE así lo demuestran también. Vélez (2008), quien hizo un trabajo aplicado para Colombia, señaló que el modelo original de Krugman es inapropiado para la contrastación empírica, por tal razón, tuvo que hacer uso de la extensión de Helpman – Hanson. Otro ejemplo, es un estudio realizado para el caso Mexicano por Quintana y Salgado (2016), quienes tuvieron que emplear el modelo de Crozet (2004), a través de un modelo gravitacional (Quintana & Salgado, 2016)

La NGE ha sido acusada también de no ser tan nueva, pues se argumenta que muchas de las ideas de la NGE han existido desde hace mucho tiempo, en las obras de los geógrafos económicos y teóricos de la localización (Ottaviano & Francois, 2005). Lo peor de todo, frente a esta crítica, es que la NGE, ha ignorado el trabajo anterior de geógrafos y de economistas, error que fue admitido por el propio Krugman (Cuadrado, 2012)

Otras limitaciones de la NGE tienen que ver con el enfoque excesivamente matemático (Cuadrado, 2012). La formalización matemática, ha limitado los modelos de la NGE, para contemplar variables no mercantiles (Ottaviano & Francois, 2005). Es así como la NGE no tiene en cuenta las investigaciones de los geógrafos económicos, con enfoques culturales, sociales e institucionales (Garretsen & Martin, 2010)

La complejidad matemática, junto con la excesiva preocupación por la producción industrial en el marco de los procesos de aglomeración, han hecho que los modelos de la NGE descuiden el análisis de la demanda del consumidor (Mulligan & Carruther, 2012). El excesivo enfoque matemático ha traído otros problemas, por ejemplo, hay tres razones para la localización de la industria: la especialización laboral, la difusión tecnológica y el mercado; por simplicidad matemática, los modelos de la NGE, solo tienen en cuenta el mercado (Cuadrado, 2012, pág. 22)

2.2 Puntos a favor y en contra de la TLC

A diferencia de los modelos de la NGE, los modelos de las TLC intentan una aproximación más realista. Estos integran una amplia gama de actividades humanas en sus análisis, bajo la mecánica de que estas actividades están incrustadas en el espacio (Mulligan & Carruther, 2012). Lo anterior hace posible que los modelos de las TLC tengan implicaciones prácticas de política y planeación urbana.

Así mismo, las TLC son muy ricas en cuanto al análisis de la localización de la industria, y además tienen muchas ventajas para describir patrones espaciales intra e inter regionales (Mulligan & Carruther, 2012).

La utilidad práctica de las TLC se aplica a temas muy diversos². Por ejemplo, se ha empleado para explicar el acceso a espacios públicos como parques; encontrando como explicación que el núcleo urbano se desarrolla primero, proveyendo más espacios abiertos (parques) al público, y con el tiempo, el desarrollo se extiende a zonas menos desarrolladas; generándose así, disparidades espaciales en el acceso de las personas al espacio público abierto (Smith & Floyd , 2013). Otra aplicación de las TLC, es el entendimiento de las funciones de ubicación y de los resultados económicos derivados de alojar un evento deportivo (Daniels, 2007). Las TLC también son aplicadas en la planeación de la ubicación espacial de centros comerciales, los cuales, a diferencia de los no planificados, proporcionan la cantidad óptima de compra para las empresas que se ubican en el centro comercial (West, Von Hohenbalken, & Krone, 1985)

A pesar de las ventajas de las TLC, sobre todo en lo práctico, éstas perdieron interés en un lapso de veinte años a partir de la década de los 90s cuando surgió la NGE. Sin embargo, recientemente ha surgido un interés renovado en las TLC debido a su accesibilidad y valor práctico para predecir y describir regularidades empíricas; se podría decir que las TLC están listas para un resurgimiento (Mulligan & Carruther, 2012).

En cuanto a las críticas que se le han hecho a las TLC, las principales, se han originado en el seno de la NGE. Como señala Garza & Pugliese (2008, p 152), Krugman dijo que las TLC descuidaron el análisis de competencia de mercado, por centrarse en las formas geométricas de la localización, algo que según Krugman, es secundario. Por otro lado, las TLC también han sido cuestionadas por carecer de fundamentación microeconómica.

La carencia de un enfoque de equilibrio general en las TLC, puede considerarse una desventaja, debido a que los precios son la principal variable de una economía de mercado, y la localización de empresas y personas, depende de los precios de los factores y de los bienes (Ottaviano &

² La practicidad de las TLC, -algo que no es tan obvio en los modelos de la NGE- es tal que éstas fueron aplicadas directamente por Christaller durante el régimen nazi en Alemania. El mismo Christaller hizo parte de las SS de Hitler, en un departamento que se encargaba de la planeación de los territorios ocupados por los Nazis (Barnes, 2012)

Francois, 2005). Por lo tanto, los geógrafos económicos y los teóricos de la localización no pueden ignorar los precios en su análisis para comprender cómo opera una economía espacial; y cuando lo hacen carecen de herramientas para hacer frente a las cuestiones que tienen que ver con la espacialidad del mercado (Ottaviano & Francois, 2005).

Otras dos críticas hacia las TLC, tienen que ver primero con que los modelos de estas teorías son estáticos, y por lo tanto, no contemplan cambios en el status socioeconómico de las personas –de hecho, suponen un mismo ingreso para todos-; no considerar los cambios de estatus socioeconómico en el espacio y el tiempo, es obviar una variable que resulta importante, al momento de estudiar el comportamiento de los agentes en el espacio (Lal & Kumar Pathak, 2011). Segundo, el papel que juegan los oligopolistas y las externalidades pecuniarias en los procesos de aglomeración –en el marco del enfoque de Krugman-, no es tenido en cuenta en las TLC, lo que sugiere una revaluación de las TLC (Martin & Sunley, 1996).

3. Antecedentes

A nivel nacional, Gilles Duranton (2015), realizó un estudio para determinar las áreas metropolitanas de Colombia. Los resultados muestran que, en el norte del Magdalena, alrededor de Santa Marta, no se logra configurar un área metropolitana; en tanto que, alrededor de Barranquilla, se conforma un área metropolitana, de la cual hacen parte: Soledad, Sabanalarga, Baranoa y Malambo (Duranton, A Proposal to Delineate Metropolitan, 2015)

Pocos son los estudios que han abordado el tema de las regiones funcionales en el departamento del Magdalena. El principal estudio que se ha hecho, hasta el momento, lo hizo el Departamento Nacional de Planeación y la Gobernación del Magdalena, y fue publicado como una corta sección del libro *Visión Magdalena 2032: un mundo de oportunidades*. En este estudio, se hace una clasificación, empleando el método del Escalograma Funcional, de los municipios del departamento, en las siguientes categorías: Departamentales o regionales, subregionales, micro-regionales y locales. En el norte del Magdalena, se identificó a Santa Marta, como un centro principal, a Fundación y Ciénaga como centros subregionales, y a Aracataca y Pivijay como centros micro – regionales (Departamento Nacional de Planeación DNP, 2011, pág. 49).

Ahora bien, en comparación con el estudio del DNP, el presente documento tiene un marco teórico explícito. Adicionalmente, en este trabajo tenemos una mayor desagregación geográfica, pues el análisis se hace a nivel de corregimiento, abarcando así las zonas rurales; mientras que el estudio del DNP, solo llega hasta el nivel de cabecera municipal. Por otro lado, como se verá más adelante, algunos resultados difieren entre el estudio del DNP y el presente estudio.

Otra ventaja que tiene el presente estudio, es que el método estadístico empleado es riguroso, ya que se fundamenta en un muestreo probabilístico que garantiza una representatividad de la población en la muestra encuestada. En el caso del estudio del DNP no se aplicó un muestreo de este tipo. Es por esta razón que el presente estudio –como se verá más adelante-, permite, no solo identificar las relaciones entre los municipios y corregimientos a partir de un grafo, sino que es posible ver, a qué proporción de la población abastece cada lugar central identificado; lo cual no es posible en el estudio del DNP.

Otro estudio que ha identificado la existencia de ciudades que operan como centros urbanos importantes, es el de Financiera de Desarrollo Territorial S.A, llamado *Diamante Caribe* y Santanderes; en él, Barranquilla tiene un rango urbano superior al resto de ciudades de la región, en tanto que, Cartagena y Santa Marta operan con centros urbanos secundarios (Financiera de

Desarrollo Territorial S.A, 2014). No obstante, este estudio no explica la relación entre los corregimientos y estos centros urbanos.

Otros estudios, realizados para complementar los diagnósticos de los planes básicos de ordenamiento territorial de los municipios, intentan hacer un análisis de la dimensión urbano funcional. Sin embargo, carecen de rigor teórico y metodológico. Además, muestran resultados sin explicar cómo fueron obtenidos, es decir, no se mencionan las fuentes de información, ni los métodos empleados. Un ejemplo es el diagnóstico general del municipio del Pivijay, en donde se afirma que, el corregimiento de Medialuna es un centro local principal (Alcaldía de Pivijay, pág. 181); resultado que como veremos difiere considerablemente con el obtenido en el presente estudio.

Por su parte, el Plan Estructurante Territorial de Fundación menciona la importancia de Fundación como centro poblado, y sus relaciones económicas con otros municipios como El Retén, Aracataca, Algarrobo, Santa Marta, Bosconia (Cesar), Barranquilla y Bucaramanga (Alcaldía de Fundación, 2000, pág. 29). Sin embargo, dicho estudio no explica las jerarquías de los centros poblados. Además, carece de teoría, método y fuentes de información.

El Plan de Ordenamiento Territorial de Ciénaga, en su capítulo sobre sistema estructural, aborda el tema del sistema urbano regional del Caribe. Una vez más, como los demás documentos emitidos por las alcaldías citadas arriba, éste carece de teoría, método y fuente de datos. Se afirma la existencia de una metrópoli regional que es Barranquilla; Cartagena como centro subregional principal; y Santa Marta, Valledupar, Riohacha, Sincelejo, Montería, Magangué y San Andrés, como centros subregionales. En un nivel inferior, como centros de relevo, aparecen Ciénaga y Fundación (Alcaldía de Ciénaga, pág. 2). No se menciona a Pivijay, que como veremos más adelante es un lugar central secundario, al mismo nivel de Ciénaga. Otra limitación del Plan de Ordenamiento Territorial de Ciénaga, es que su nivel de desagregación geográfica llega sólo hasta cabecera municipal, y además, no abarca todos los municipios del Magdalena.

4. El método: teoría de grafos para la identificación de regiones funcionales, en el marco del modelo clásico de Christaller

En esta sección se explica el método empleado para identificar las regiones funcionales en el marco del modelo clásico de Christaller. La sección se divide en dos partes: En la primera se explican los conceptos básicos de teoría de grafos, y en la segunda, se plantea un modelo de teoría de grafos para identificar regiones funcionales en el marco del modelo teórico de Christaller.

4.1 Conceptos básicos de teoría de grafos.

4.1.1 Definición de un grafo.

Un grafo G es una pareja de conjuntos (V, E) , donde V es distinto de vacío, y E es un conjunto de pares ordenados del elemento V . V es entonces el conjunto de vértices o nodos de un grafo, y E , el conjunto de aristas o arcos de un grafo (González, 2004).

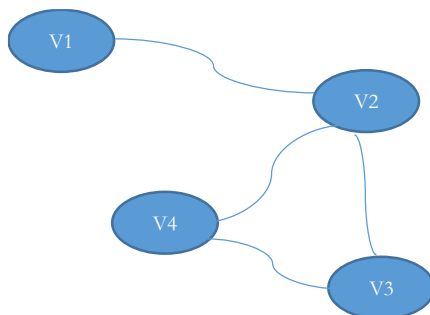
Por lo tanto, un grafo es $G = (V, E)$.

Ahora bien, cualquier arista de un grafo tiene asociado una pareja de vértices. Sean u y v , dos vértices de un grafo, y “ a ” una arista asociada a tales vértices. La arista se escribe entonces de la siguiente manera $a = uv$.

4.1.2 Formas de representar un grafo.

Hay tres formas de representar a un grafo: 1) por pares ordenados, 2) gráficamente, y 3) matriz de adyacencia (Conejero & Jordán, s.f).

Ejemplo de representación gráfica de un grafo:



El grafo anterior se puede representar por pares ordenados de la siguiente manera:

El conjunto de vértices es:

$$V = \{v1, v2, v3, v4\}$$

El conjunto de aristas, o pares ordenados, es:

$$E = \{v1v2, v2v4, v2v3, v3v4\}$$

La matriz adyacente del grafo anterior es:

	$v1$	$v2$	$v3$	$v4$
$v1$	0	1	0	0
$v2$	0	0	0	1
$v3$	0	0	1	1
$v4$	0	0	0	0

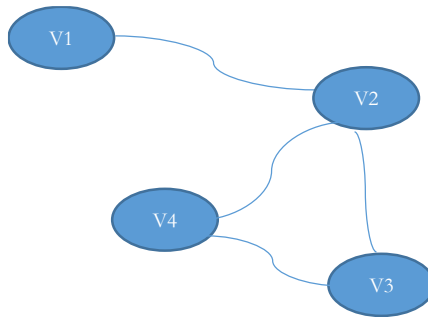
La primera fila y la primera columna son los vértices del grafo, se coloca uno en donde se cruzan dentro de la matriz, si y solo si, hay una arista que une ambos vértices, de lo contrario se coloca cero.

4.1.3 Tipo de grafos.

Hay diversos tipos de grafos, para conocer en detalle todos ellos ver González (2004). Este documento se centrará básicamente en explicar los grafos no dirigidos y conexos. Los cuales se emplean en este estudio.

4.1.3.1 Grafos no dirigidos.

En los grafos no dirigidos, los elementos de V , se llaman vértices o nodos. Por su parte, los pares de E son elementos no ordenados, y se llaman aristas. Gráficamente, estos grafos, se representan a través de puntos y líneas (Conejero & Jordán, s.f). Un ejemplo de un grafo no dirigido es:



El conjunto de vértices es:

$$V = \{v1, v2, v3, v4\}$$

El conjunto de aristas, o pares ordenados, es:

$$E = \{v1v2, v2v4, v2v3, v3v4\}$$

4.1.3.2 Grafos conexos

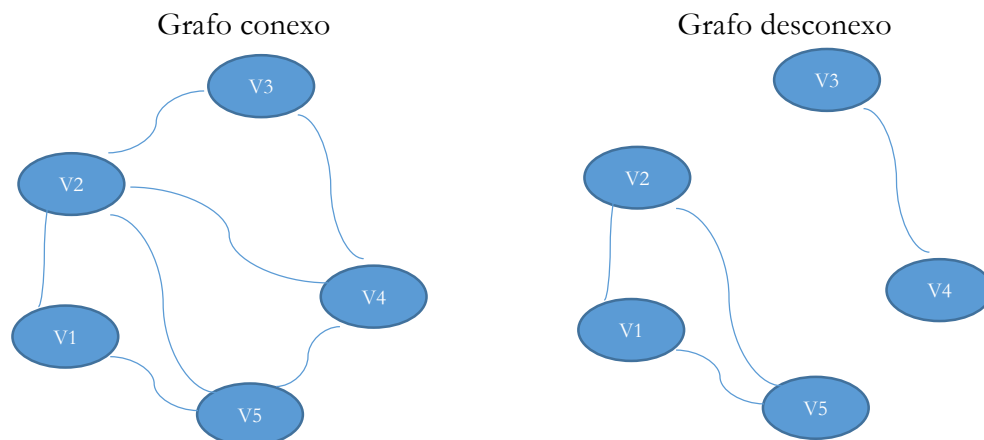
Para entender el concepto de grafos conexos, hay que comprender primero el concepto de vértices conectados, el cual se explica a continuación:

Sean los vértices u y v , se dice que éstos están conectados si existe un camino que los une. Entonces u y v están conectados, $\Leftrightarrow \exists \mu = (u, v) \therefore \mu$ es un camino que une los vértices u y v (González, 2004).

Entonces, un grafo es conexo, si y solo si, cada par de vértices que lo componen, está conectado (Araúz, 2009). Por lo tanto:

G es conexo \Leftrightarrow para todo u y v : $\exists \mu = (u, v)$. Si no se cumple la regla anterior, entonces el grafo no es conexo.

Ejemplo



Los grafos no dirigidos y conexos son relevantes para esta investigación por las siguientes razones: en el caso de los grafos no dirigidos, éstos permiten relaciones de doble vía de un vértice a otro; contrario a lo que ocurre con los grafos dirigidos, en donde la relación es en una sola vía,

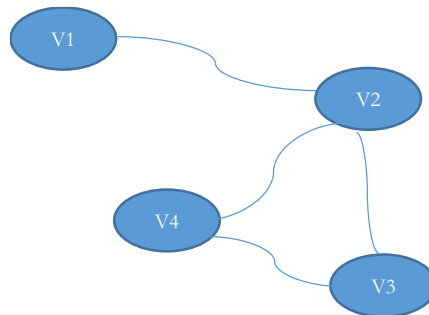
de un vértice determinado hacia otro; en esta investigación, las relaciones entre los municipios y/o corregimientos (vértices), puede ser de doble vía, entendiéndose como la relación que los une, el flujo e comercio entre los municipios. Por otro lado, los grafos conexos, son indispensables, porque todos los vértices están conectados; esto permite modelar la situación de que cada municipio y/o corregimiento está relacionado con algún municipio y/o corregimiento a través del comercio, es decir, no existen municipios aislados o desconectados comercialmente.

Otro concepto de la teoría de grafos, empleado en el análisis de los resultados de este trabajo, es el concepto de grado del vértice, el cual se explica a continuación.

4.1.4 Grado de un vértice.

El grado de un vértice está determinado por el número de aristas que inciden en él. La notación del grado de un vértice es la siguiente: $gr_G = (v)$ (González, 2004).

Así por ejemplo, los grados de los vértices del siguiente grafo, son:



$$gr_G (v1) = 1; gr_G (v2) = 3; gr_G (v3) = 2; gr_G (v4) = 2$$

Conceptos adicionales de teoría de grafos, se pueden consultar en: (Jordán, s.f), (Rojas, 2003), (González, 2004), (Araúz, 2009), (Martínez, 2012).

4.2 Modelo de teoría de grafos para identificar regiones funcionales en el marco del modelo clásico de Christaller.

Modelación:

Sea el grafo $G = (V, E)$, donde:

$V = \{\text{Municipios y corregimientos del norte del departamento del Magdalena}\}$

Para simbolizar los municipios con letras en la expresión anterior, se puede escribir V de la siguiente manera:

$V = \{m_1, m_2, m_3, \dots, m_n\}$, donde “m” representa a un municipio o corregimiento.

En cuanto al conjunto E se tiene lo siguiente:

$$E = \{(m_i, m_j) / m_i, m_j \in V, y, \exists \mu = (m_i, m_j)\}$$

$\therefore \mu$ es un recorrido que hacen las personas entre los municipios o corregimientos m_i y m_j

La expresión anterior, indica que existe un recorrido que hacen las personas, entre el municipio y/o corregimiento m_i y m_j , para adquirir un bien o servicio.

El grafo que describe esta situación, es un grafo no dirigido y conexo.

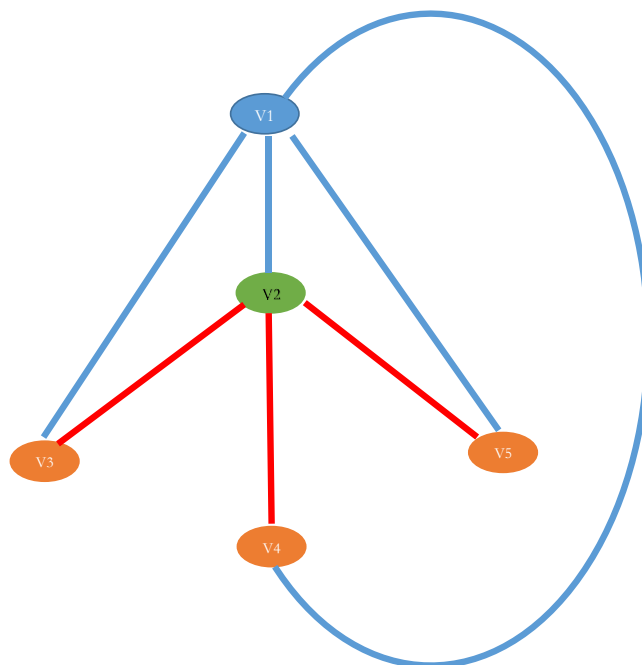
Para ilustrarlo, se plantea un ejemplo hipotético para el caso de cinco municipios:

Sea:

$$G = (V, E)$$

$$V = \{m_1, m_2, m_3, m_4, m_5\}$$

$$E = \{m_2 m_1, m_3 m_2, m_3 m_1, m_4 m_2, m_4 m_1, m_5 m_2, m_5 m_1\}$$



En el grafo de arriba, los corregimientos están representados por los círculos de color naranja, es decir, son los vértices v_3, v_4, v_5 . Por su parte, el municipio cabecera de estos corregimientos está representado por el círculo de verde, vértice v_2 . De otro lado, la ciudad, sería el municipio m_1 , es decir el vértice v_1 .

Este grafo contiene dos lugares centrales: Uno de mayor jerarquía que ofrece bienes y servicios superiores, el cual, sería la ciudad; en tanto que, el segundo lugar central, de menor jerarquía, sería el municipio cabecera; este municipio ofrecería bienes inferiores.

Las líneas azules representan desplazamientos que hacen las personas hacia el lugar central de mayor jerarquía, para consumir bienes y servicios superiores. Mientras que las líneas rojas representan los desplazamientos que hacen las personas hacia el municipio que ofrece bienes inferiores.

5. Resultados de la identificación de las regiones funcionales en los municipios del norte del departamento del Magdalena.

En esta sección se presentan los resultados de la identificación de las regiones funcionales en los municipios del norte del departamento del Magdalena, a partir del uso de la teoría de grafos. Inicialmente se muestra la fuente de información y el método estadístico empleado, y por último, los resultados obtenidos.

5.1 Fuente de información y método estadístico empleado.

La fuente de información empleada fue una encuesta, pero, antes de explicar el método estadístico utilizado en el muestreo, se hace una descripción de la delimitación geográfica del estudio.

Mapa 1. Mapa de los municipios y corregimientos del norte del departamento del Magdalena



Los municipios objeto de estudio fueron los que se ubican en la parte septentrional del departamento del Magdalena. Se excluyó el casco urbano de la ciudad de Santa Marta (en la encuesta se mantuvieron los corregimientos de Santa Marta), por ser éste muy grande en relación al resto de asentamientos poblacionales del norte del Magdalena, lo que conllevaría a una concentración casi total del número de encuestas en esta ciudad.

En total fueron 10 municipios con sus respectivos corregimientos (41 corregimientos), incluyendo los corregimientos de Santa Marta. Éstos se listan a continuación:

Cuadro 4. Municipios y corregimientos abarcados en el estudio

Municipio	Corregimientos
Aracataca	Buenos Aires, Sampues
Ciénaga	Cordobita, Palmor, San Pedro, Sevillano
El Retén	San Sebastián del Bongo
Fundación	Santa Clara
Pivijay	Avianca, Caraballo, Chinoblas, Garrapata, Las canoas, Las Piedras, Medialuna, Paraco, Paraíso, Piñuelas, Placitas
Pueblo Viejo	Bocas de Aracataca, Tierra Nueva
Remolino	Corral Viejo, San Rafael de Buenavista, Santa Rita
Salamina	Guaimaro
Corregimientos de Santa Marta	Guachaca, Minca, Taganga
Sitio Nuevo	Buena vista, Nueva Venecia, Palermo
Zona Bananera	Guacamayal, Guamachito, La Gran Vía, Orihueca, Palomar, Rio Frio, Santa Rosalía, Sevilla, Soplador, Tucurinca, Valera.

Se usó un muestreo aleatorio simple. La representatividad fue a nivel de toda la población objeto del estudio, es decir los municipios y corregimientos que se muestran en el cuadro 4.

El marco poblacional, por su parte, fue la población de manzanas de cada municipio y de cada corregimiento; el objetivo de hacer la selección de la muestra a partir de un marco poblacional de manzanas, es poder llegar a un hogar en cada manzana, y asegurarnos de que ese hogar haya sido seleccionado de manera aleatoria. La muestra se extrajo del marco poblacional. El marco poblacional se construyó de la siguiente manera: se descargó de Google Earth los mapas correspondientes a cada municipio y corregimiento, se numeraron las manzanas en cada mapa, de tal manera que cada manzana tenía un número único, así, se construyó una base de datos que contenía la población de manzanas para cada corregimiento y municipio. Luego, con la ayuda del programa estadístico Epidat 3.1³, se extrajo de la población de manzanas, la muestra aleatoria. Como la muestra provenía de la población de manzanas que se había numerado en los mapas de Google Earth, se pudo saber, con base en la muestra y el mapa, en qué manzana exactamente había que hacer la encuesta, para cada municipio y corregimiento. Fue una encuesta por manzana. La encuesta fue dirigida a hogares, podía responderla el jefe del hogar, o en su defecto, el ama de casa.

En total, fueron 4.309 manzanas (se encuestó un hogar en cada manzana), de las cuales, el 21% se concentró en Ciénaga, el 16% en Fundación y el 18% en Pivijay. Estos fueron los municipios que, por su tamaño, registraron las mayores participaciones en la población de manzanas.

³ Cada manzana tenía un número único, registrado en una hoja de Excel. Como la población de manzanas ascendió a 4.309, entonces eran 4.309 filas, cada fila con un número único, empezando desde el número 1 y terminando en el número 4.309. Después de indicarle a Epidat 3.1 que se trataba de un muestreo aleatorio simple, éste operó de la siguiente manera: generó 353 (como se verá más adelante, este es el tamaño de la muestra representativa, para una población de 4.309 y un error del 5%) números aleatorios, en un rango comprendido entre 1 y 4.309; la serie aleatoria que produjo Epidat 3.1, se exportó a Excel, y se cruzó con la población de manzanas, de esta manera, se supo, en la base de datos de la población, cuáles eran las manzanas seleccionadas aleatoriamente.

Cuadro 5. Población de manzanas según municipio y corregimiento

Municipio	Corregimiento	Número de manzanas*
Aracataca	Aracataca	228
	Buenos Aires	54
	Sampues	97
Total Aracataca		379
Ciénaga	Ciénaga	850
	Cordobita	2
	Palmor	9
	San Pedro	1
	Sevillano	34
Total Ciénaga		896
El Retén	El Retén	189
	San Sebastián del Bongo	4
Total El Retén		193
Fundación	Fundación	676
	Santa Clara	2
Total Fundación		678
Pivijay	Avianca	9
	Caraballo	11
	Chinoblas	16
	Garrapata	8
	Las canoas	28
	Las Piedras	12
	Medialuna	106
	Paraco	50
	Paraíso	25
	Piñuelas	22
	Pivijay	476
	Placitas	6
Total Pivijay		769
Pueblo Viejo	Bocas de Aracataca	1
	Pueblo Viejo	65
	Tierra Nueva	5
Total Pueblo Viejo		71
Remolino	Corral Viejo	11
	Remolino	116
	San Rafael de Buenavista	45

	Santa Rita	35
Total Remolino		207
Salamina	Salamina	230
Total Salamina		230
Santa Marta	Guachaca	20
	Minca	14
	Taganga	61
Total Santa Marta		95
Sitio Nuevo	Buena vista	13
	Nueva Venecia	22
	Palermo	53
	Sitio Nuevo	165
Total Sitio Nuevo		253
Zona Bananera	Guacamayal	76
	Guamachito	32
	La Gran Vía	40
	Orihueca	104
	Palomar	8
	Rio Frio	42
	Santa Rosalía	18
	Sevilla	88
	Soplador	18
	Tucurınca	71
	Valera	41
Total Zona Bananera		538
Total general		4309

Fuente: El autor con base en información de Google Earth. *Se encuestó un hogar por manzana

Como la población es conocida, se procedió a calcular el tamaño de la muestra para un muestreo aleatorio simple, con la siguiente formula:

$$n = \frac{Z_{\alpha}^2 N p q}{e^2 (N - 1) + Z_{\alpha}^2 p q}$$

Donde:

- n: Muestra
- Z: Constante que depende del nivel de error
- e: Error muestral
- p: Probabilidad de éxito
- q: Probabilidad de fracaso

N: Población

Para los siguientes valores, se tiene el siguiente tamaño de muestra:

Z: 1,96
e: 0,05
p: 0,5
q: 0,5
N: 4309
n: 353

$$\frac{(1,96)^2(4309)(0,5)(0,5)}{0,05^2(4308)+(1,96)^2(0,5)(0,5)} = 353$$

Así, para una población de 4.309 manzanas (se encuestó un hogar por manzana), y un error del 5%, se tiene una muestra de 353 hogares. La muestra –escogida de manera aleatoria- según municipios y corregimientos, quedó distribuida de la siguiente manera:

Cuadro 6. Muestra de manzanas según municipio y corregimiento

Municipio	Corregimiento	Número de manzanas*
Aracataca	Aracataca	13
	Buenos Aires	4
	Sampues	13
Total Aracataca		30
Ciénaga	Ciénaga	71
	Sevillano	2
Total Ciénaga		73
El Retén	El Retén	18
Total El Retén		18
Fundación	Fundación	60
Total Fundación		60
Pivijay	Avianca	2
	Caraballo	1
	Chinoblas	1
	Garrapata	2
	Las canoas	3
	Las Piedras	1
	Medialuna	9
	Paraco	2
	Paraíso	3
	Piñuelas	1
	Pivijay	51

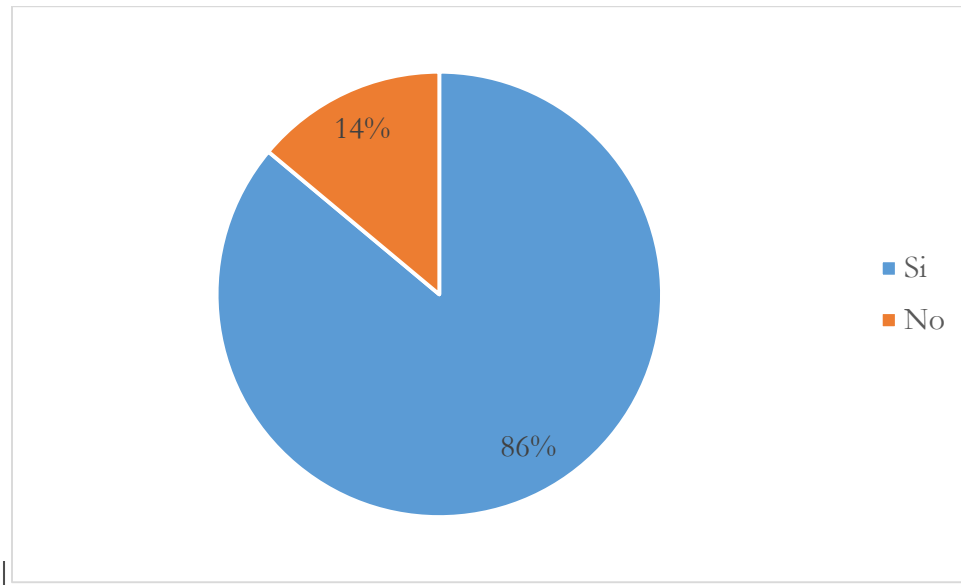
Total Pivijay		76
Pueblo Viejo	Pueblo Viejo	8
Total Pueblo Viejo		8
Remolino	Corral Viejo	1
	Remolino	8
	San Rafael de Buenavista	4
	Santa Rita	1
Total Remolino		14
Salamina	Salamina	21
Total Salamina		21
Santa Marta	Minca	3
	Taganga	5
Total Santa Marta		8
Sitio Nuevo	Buena vista	1
	Nueva Venecia	1
	Palermo	7
	Sitio Nuevo	9
Total Sitio Nuevo		18
Zona Bananera	Guacamayal	2
	Guamachito	2
	La Gran Vía	2
	Orihueca	10
	Rio Frio	3
	Santa Rosalía	3
	Sevilla	1
	Tucurínca	2
	Valera	2
Total Zona Bananera		27
Total general		353

Fuente: El autor con base en información de Google Earth. *Se encuestó un hogar por manzana

5.2 Resultados obtenidos a partir de la teoría de grafos

La pregunta central de la encuesta es: ¿Ha necesitado viajar a algún municipio o ciudad para adquirir algún bien o servicio? El 86% de los hogares encuestados afirmó haber tenido la necesidad de viajar para comprar bienes o servicios, que no encuentran en su lugar de residencia. Esto confirma la existencia de lugares centrales que proveen de bienes y servicios de toda clase a la mayoría de los hogares. Como se verá más adelante, entre estos lugares centrales hay diferentes jerarquías.

Gráfico 1. ¿Ha necesitado viajar a algún municipio o ciudad para adquirir algún bien o servicio?



Fuente: Encuesta realizada por el autor

Los municipios que fueron identificados, a partir de la teoría de grafos, como lugares centrales de primer orden son: Santa Marta y Barranquilla. Fundación, Pivijay y Ciénaga fueron identificados como lugares centrales de segundo orden.

La existencia de diversas jerarquías en los lugares centrales es una característica del modelo de Christaller, la cual se cumple en el norte del departamento del Magdalena. A continuación, se detallan los criterios para establecer la jerarquía de los lugares centrales identificados por el modelo de grafos.

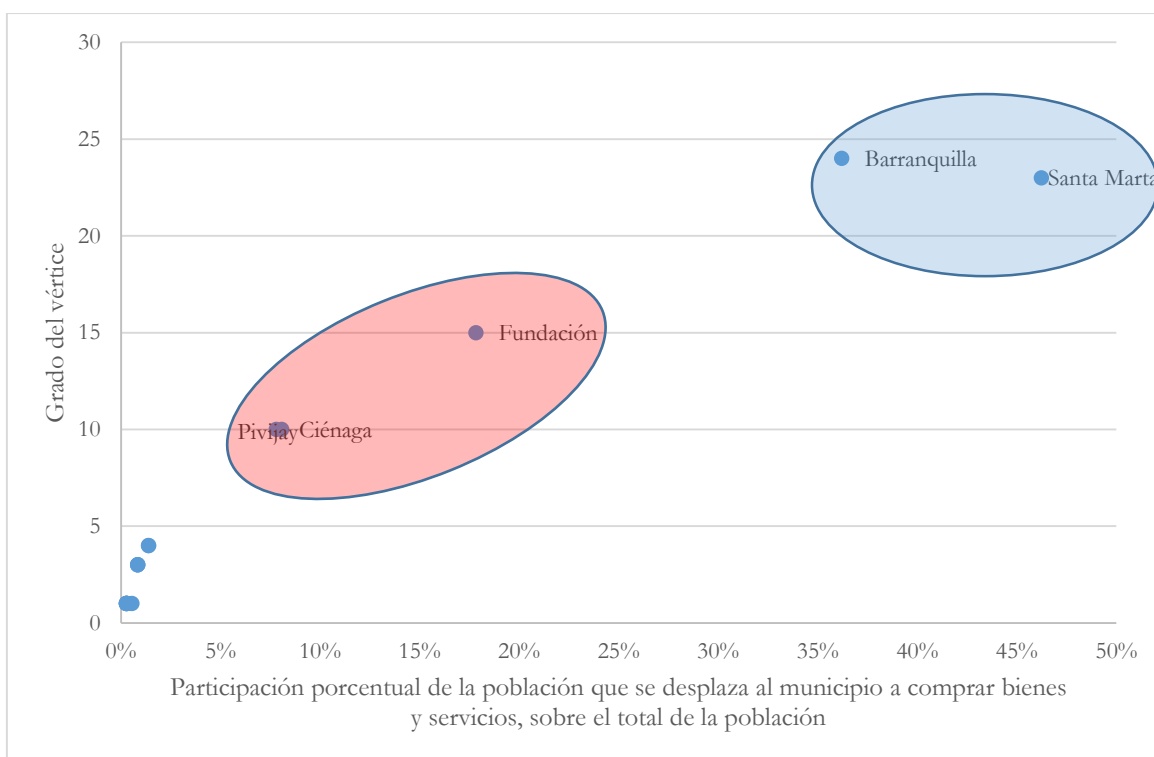
Tres factores determinan la jerarquía del lugar central: 1) el grado del vértice en el grafo, 2) la proporción de hogares en relación al total de hogares, que viaja hacia el lugar central a comprar bienes y servicios que no encuentran en su lugar de residencia. El grado del vértice, y la proporción de hogares que se desplazan a los lugares centrales, son una proxy del umbral de mercado (concepto fundamental del modelo de Christaller); mientras más grande el umbral, mayor es la jerarquía del lugar central. Y, 3) los ya explicados tipos de bienes que las personas buscan en cada lugar central: superiores e inferiores. Así las cosas, los lugares centrales de primer rango, son aquellos que tienen los mayores grados del vértice en el grafo, y un mayor número de hogares acuden a ellos a comprar bienes y servicios. Por su parte, los lugares centrales de segundo rango, son aquellos que tienen menor grado del vértice dentro del grafo en relación a los lugares centrales superiores (no obstante, el grado de su vértice es superior al de los municipios y corregimientos que ellos abastecen); y además, ofrecen bienes inferiores.

El siguiente gráfico muestra dos de los criterios para determinar la jerarquía del lugar central: el grado de vértice en el grafo, y la participación porcentual de hogares que se desplazan hacia el lugar central a comprar bienes y servicios que no se consiguen en su lugar de residencia. Cada punto dentro del gráfico es un municipio o corregimiento, los puntos que más se alejan del origen son los que tienen mayor grado del vértice en el grafo, y a la vez, tienen mayor participación porcentual de la población que se desplaza; por lo tanto, tienen un mayor umbral.

Se puede apreciar que Santa Marta y Barranquilla son los que más se alejan del origen, lo cual indica que son lugares centrales de primer orden –más adelante, se complementa esta afirmación, mostrando el tipo de bien que las personas buscan en estos lugares centrales-. Así, a Santa Marta acuden el 46% de los hogares que se desplazan a comprar bienes y servicios, sobre todo, bienes superiores; así mismo, el grado de su vértice en el grafo indica que tiene relación con 23 municipios y/o corregimientos del territorio (ver cuadro 8). Por su parte, a Barranquilla acuden el 36% de los hogares a comprar bienes y servicios, y además, el grado del vértice en el grafo muestra que tiene relación con 24 municipios y/o corregimientos (ver cuadro 9).

También se logra apreciar en el gráfico 2 a Fundación, Ciénaga y Pivijay, como lugares centrales de segundo orden, con Fundación sobresaliendo un poco. Sin embargo, más adelante veremos que Fundación ofrece bienes inferiores en mayor medida, eso lo coloca, al mismo nivel que Ciénaga y Pivijay. Fundación atiende al 18% de los hogares que se desplazan a comprar bienes y servicios, y tiene un grado de vértice de 15, es decir, se relaciona con 15 municipios y/o corregimientos (ver cuadro 12). Ciénaga, por su parte, atiende al 8% de los hogares que se desplazan a comprar bienes y servicios, y tiene un grado de vértice de 10 (ver cuadro 10). Por último, a Pivijay acuden el 8% de los hogares a comprar bienes y servicios inferiores, con un grado de vértice de 10 (ver cuadro 11).

Gráfico 2. Orden de los lugares centrales, según el grado del vértice en el grafo y la participación porcentual de los hogares que se desplazan hacia el lugar central a comprar bienes y servicios que no encuentran en su lugar de residencia.



Fuente: Elaboración del autor, con base en encuestas efectuadas por el autor.

El cuadro 7 muestra los bienes y servicios que los hogares compran en los lugares centrales. Como se dijo arriba, el tercer criterio para establecer la jerarquía del lugar central, es el tipo de bien que éste provee a los hogares del territorio. De esta manera, como bien señala el modelo

de Christaller, los lugares centrales de mayor jerarquía ofrecen bienes superiores. Así, para el caso de Santa Marta y Barranquilla, los bienes superiores tienen una mayor proporción en relación al total de bienes que los hogares compran en estos lugares centrales. Por ejemplo, en Santa Marta dicha proporción alcanza el 60%, siendo casi la mitad, la consulta con un especialista médico (30,10%), seguido por la compra de muebles y electrodomésticos (10,40%) - especialmente electrodomésticos-, y, la educación superior, con el 4,50%. En el caso de Barranquilla, la proporción de bienes superiores ascendió a 51,90%, siendo las mayores proporciones las correspondientes al servicio de especialista médico (26,10%), compra de muebles y electrodoméstico (11,30%), y exámenes médicos especializados (3,50%).

En cuanto a los lugares centrales de segundo grado (Pivijay, Ciénaga y Fundación), los bienes y servicios que los hogares compran en mayor proporción son bienes inferiores. Así para Fundación, Pivijay y Ciénaga, las proporciones de bienes inferiores, en relación al total de bienes que se compran en estos municipios, fue de 85,9%, 86,1% y 82,8% respectivamente. La compra de alimentos, víveres y abarrotes, fue lo más destacado entre los bienes inferiores adquiridos en estos tres municipios (ver cuadro 7).

Cuadro 7, Bienes y servicios que se comercializan en cada uno de los lugares centrales identificados

IT	Productos	Santa Marta	Barranquilla	Fundación	Pivijay	Ciénaga
Bienes superiores	Ayudas del gobierno	0,70%	0,00%	0,00%	1,60%	1,40%
	Celulares, repuestos y accesorios para celular	0,30%	0,70%	0,00%	0,00%	0,00%
	Educación superior	4,50%	2,10%	0,00%	0,00%	0,00%
	Equipos y accesorios de computo	0,00%	0,40%	0,00%	0,00%	0,00%
	Especialista médico	30,10%	26,10%	0,60%	0,00%	0,00%
	Exámenes médicos especializados	3,50%	3,50%	0,00%	0,00%	0,00%
	Hospitalización	0,30%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
	Máquina de coser	0,00%	0,40%	0,00%	0,00%	0,00%
	Medicina	0,70%	2,50%	3,40%	1,60%	2,70%
	Motobomba	0,70%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
	Muebles y electrodomésticos	10,40%	11,30%	8,00%	6,30%	6,80%
	Notaria, registraduría y otros servicios	1,00%	0,00%	0,00%	0,00%	2,70%
	Intervención quirúrgica	1,70%	1,80%	0,00%	0,00%	0,00%
	Repuestos de bicicletas	0,00%	0,40%	0,00%	0,00%	0,00%
	Repuestos para carro	0,00%	1,10%	0,00%	0,00%	0,00%
	Repuestos para la moto	0,70%	0,40%	0,00%	1,60%	0,00%
	Servicios financieros	0,70%	0,00%	0,60%	3,10%	2,70%
	Servicios públicos	0,30%	0,00%	1,10%	0,00%	1,40%
	Telefonía móvil	0,00%	0,40%	0,00%	0,00%	0,00%
	Trámite de documentos públicos	1,70%	0,00%	0,60%	0,00%	0,00%
	Turismo	2,80%	0,40%	0,00%	0,00%	0,00%
	Vehículo	0,00%	0,40%	0,00%	0,00%	0,00%
	Sub total	60,10%	51,90%	14,30%	14,20%	17,70%
Bienes inferiores	Implementos de aseo personal	0,00%	0,40%	0,00%	0,00%	1,40%
	Lotería	0,00%	0,00%	0,60%	0,00%	0,00%
	Maquillaje	0,00%	0,00%	0,00%	1,60%	0,00%
	Alimentos	4,50%	5,60%	23,90%	17,20%	24,30%
	Artículos de ferretería	0,00%	0,40%	0,60%	0,00%	1,40%
	Artículos en general	1,70%	2,10%	0,60%	4,70%	1,40%
	Calzado	4,20%	4,20%	3,40%	3,10%	1,40%
	Educación primaria y secundaria	0,00%	0,00%	0,60%	0,00%	0,00%
	Herramientas	0,00%	0,40%	1,10%	0,00%	0,00%
	Implementos de aseo	0,70%	0,40%	1,70%	0,00%	0,00%
	Materiales para construcción	1,70%	2,10%	0,00%	0,00%	4,10%
	Médico general	0,00%	5,60%	6,80%	14,10%	6,80%
	Otros útiles del hogar	0,70%	1,10%	0,60%	1,60%	0,00%
	Ropa	23,20%	19,40%	22,70%	18,80%	23,00%
	Útiles escolares	0,70%	1,10%	1,10%	0,00%	1,40%
	Viveres y abarrotes	2,40%	6,00%	22,20%	25,00%	17,60%
	Su total	39,8%	48,8%	85,9%	86,1%	82,8%

Fuente: Elaboración del autor, con base en encuestas efectuadas por el autor.

A continuación, presentamos los municipios y corregimientos atendidos por cada uno de los lugares centrales identificados por el grafo. Inicialmente se muestran los lugares centrales principales, y luego los secundarios.

Los municipios y corregimientos que Santa Marta atiende, son los que se muestran en el cuadro 8. Ahora bien, como se verá más adelante, algunos de estos municipios y corregimientos, también reciben la influencia de Barranquilla como lugar central de importancia. Lo anterior, confirma la presencia simultánea de estos dos centros regionales en el norte del departamento del Magdalena.

Cuadro 8. Municipios y corregimientos que son influenciados por Santa Marta como lugar central principal

Municipio	Corregimiento
Aracataca	Buenos Aires
	Sampués
Ciénaga	Sevillano
El Retén	
Fundación	
Pivijay	Avianca
	Las Canoas
	Media Luna
Pueblo Viejo	Pueblo Viejo
Salamina	Salamina
Corregimientos de Santa Marta	Bonda
	Minca
	Taganga
Zona Bananera	Guamachito
	La Gran Vía
	Orihueca
	Río Frio
	Santa Rosalía
	Sevilla
	Valera

Fuente: Elaboración del autor, con base en encuestas efectuadas por el autor.

Los municipios y corregimientos influenciados por Barranquilla se listan en el cuadro 9. Es evidente que hay municipios y corregimientos del Magdalena, que son influidos únicamente por Barranquilla. Un ejemplo de ello es Sitio Nuevo⁴, y su corregimiento Palermo. Ello se debe, en buena medida a que están más cerca de Barranquilla que de Santa Marta (ver mapa 1).

Cuadro 9. Municipios y corregimientos que son influenciados por Barranquilla como lugar central principal

Municipio	Corregimiento
Aracataca	Sampués
Ciénaga	Ciénaga
El Piñón	Las Palomas
Fundación	Fundación
Pivijay	Garrapata
	Las Canoas

⁴ Algunos encuestados mencionaron que Sitio Nuevo, en algún momento, había solicitado ser parte del área metropolitana de Barranquilla.

	Las Piedritas
	Media Luna
	Paraíso
Remolino	Las Casitas
	Remolino
Salamina	Guimaro
	San Rafael
Corregimientos de Santa Marta	Bonda
Sitio Nuevo	Palermo
Zona bananera	La Gran Vía
	Orihueca
	Santa Rosalía
	Sevilla
	Tucurínca

Fuente: Elaboración del autor, con base en encuestas efectuadas por el autor.

En relación a los lugares centrales secundarios, se tiene el caso de Ciénaga, lugar central que abastece de bienes inferiores a los municipios y corregimientos más cercanos a éste: Pueblo Viejo, el corregimiento de Ciénaga llamado Sevillano, y los corregimientos de la Zona Bananera, ubicados más hacia el norte del departamento del Magdalena, y por lo tanto, más cercanos a Ciénaga.

Cuadro 10. Municipios y corregimientos que son influenciados por Ciénaga como lugar central secundario

Municipio	Corregimiento
Ciénaga	Sevillano
Pueblo Viejo	
Corregimientos de Santa Marta	Bonda
Zona bananera	Guacamayal
	La Gran Vía
	Orihueca
	Río Frio
	Santa Rosalía
	Sevilla
	Valera

Fuente: Elaboración del autor, con base en encuestas efectuadas por el autor.

Pivijay, por su parte, abastece de bienes inferiores a cinco de sus doce corregimientos, los más cercanos al casco urbano de este municipio; ya que, como se verá más adelante, hay corregimientos de Pivijay que son abastecidos principalmente por Fundación, pues, se encuentran más cerca de este lugar central. El alcance de Pivijay, como lugar central de segundo orden, llega hasta Remolino y Salamina, dos municipios cercanos a Pivijay.

Cuadro 11. Municipios y corregimientos que son influenciados por Pivijay como lugar central secundario

Municipio	Corregimiento
El Piñón	Las Palomas
Pivijay	Caraballo
	Garrapata
	Las Canoas
	Las Piedritas
	Media Luna
Remolino	Corral Vijeo
Salamina	Guimaro
	San Rafael

Fuente: Elaboración del autor, con base en encuestas efectuadas por el autor.

El caso de Fundación como lugar central secundario es particular, pues éste sobresale en relación a Pivijay y Ciénaga en cuanto a radio de acción (grado del vértice) y proporción de hogares atendidos. Fundación, ejerce influencia en cinco corregimientos de Pivijay, los más cercanos. Influye también en El Retén, Aracataca y sus corregimientos⁵; así como, en los corregimientos de la Zona Bananera, más cercanos a Fundación.

Cuadro 12. Municipios y corregimientos que son influenciados por Fundación como lugar central secundario

Municipio	Corregimiento
Aracataca	Buenos Aires
	Sampués
El Retén	
Pivijay	Avianca
	Caraballo
	Chinoblas
	Paraíso
	Piñuelas
Salamina	San Rafael
Zona bananera	Guamachito
	Santa Rosalía
	Sevilla
	Tucurinca

Fuente: Elaboración del autor, con base en encuestas efectuadas por el autor.

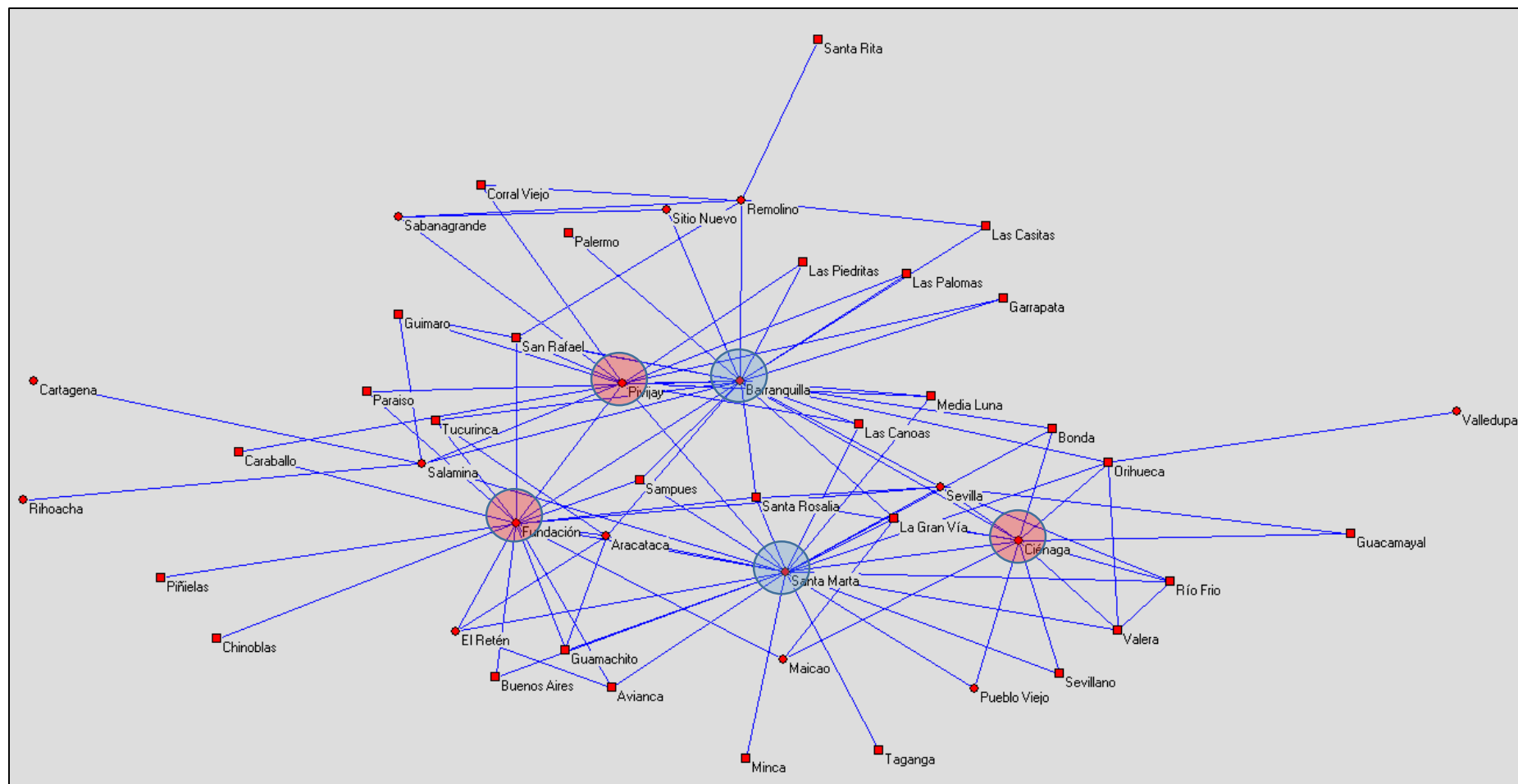
Por último, el grafo que se muestra en la ilustración 3 resume los resultados arriba mostrados, es un grafo no dirigido, y a la vez, conexo. Los corregimientos son nodos representados por cuadrados, mientras que los municipios son círculos. Se puede ver con claridad que de acuerdo

⁵ Los corregimientos de Aracataca, están más cerca de Fundación que de Aracataca.

al grado del vértice⁶ de los nodos, hay cinco lugares centrales, dos de los cuales son de primer orden –los que están encerrados en un círculo azul-, y, los nodos que están encerrados en un círculo de color rojo, son los lugares centrales de orden secundario.

⁶ El grado del vértice en el grafo, indica las relaciones que un municipio o corregimiento determinado, tiene con otros municipios o corregimientos, a partir del desplazamiento que los hogares hacen a dicho corregimiento o municipio para comprar bienes o servicios, que éstos no encuentran en su lugar de residencia.

Ilustración 3. Grafo que muestra los lugares centrales del norte del departamento del Magdalena



Fuente: Elaboración del autor, con base en encuestas efectuadas por el autor.

Conclusiones.

El presente estudio hace una contrastación empírica del modelo de Christaller en los municipios del norte del departamento del Magdalena Colombia, con el fin de identificar las regiones funcionales existentes en ese territorio. El método que se empleó, fue una rama de las matemáticas llamada teoría de grafos. En particular, se utilizó un grafo no dirigido y conexo. Los resultados muestran, según rango de jerarquía, la existencia de lugares centrales de primer orden y segundo orden. Los lugares centrales de primer orden son Santa Marta y Barranquilla –ciudades a donde acuden los hogares a adquirir bienes principalmente superiores-. En el caso de Santa Marta, a esta ciudad se dirige el 46% de los hogares a comprar bienes y servicios; además, tiene relación con 23 municipios y/o corregimientos del territorio objeto de estudio. Por su parte, a Barranquilla se desplaza el 36% de los hogares a comprar bienes y servicios, y tiene relación con 24 municipios y/o corregimientos. Los bienes y servicios que más consumen los hogares en estos lugares centrales son: la consulta con un especialista médico, y la compra de muebles y electrodomésticos (principalmente electrodomésticos).

En cuanto a los lugares centrales de orden secundario, se identificaron tres: Ciénaga, Fundación y Pivijay. En el caso de Ciénaga, a éste acude el 8% de los hogares, y además tiene relación con 10 municipios y/o corregimientos. Por su parte, a Fundación se desplaza el 18% de los hogares, y tiene relación con 15 municipios y/o corregimientos. Por último, a Pivijay se moviliza, el 8% de los hogares, y registra relaciones con 10 municipios y/o corregimientos. Los bienes inferiores que más se compraron en estos municipios, son alimentos, víveres y abarrotes.

Los resultados obtenidos en este estudio, dan un conocimiento importante para reformular la administración territorial del departamento del Magdalena en su parte septentrional. Pocas son las investigaciones que pueden proveer resultados de calidad, y por lo tanto confiables para que la administración pública del departamento del Magdalena, pueda orientar sus políticas territoriales. Como ya se dijo en los antecedentes de esta investigación, los intentos que se han hecho por hacer un análisis de la dimensión regional, desde el punto de vista de las regiones funcionales, a través de los planes de ordenamiento territorial, y los diagnósticos de los planes básicos de ordenamiento territorial en los municipios del departamento del Magdalena, han resultado ser poco confiables.

En los antecedentes encontrados –mencionados arriba-, el estudio que aborda el tema de las regiones funcionales con un mayor rigor y confiabilidad, es el que hizo el Departamento Nacional de Planeación (DNP), en conjunto con la Gobernación del Magdalena, llamado Visión Magdalena 2032: Un mundo de oportunidades (Departamento Nacional de Planeación DNP, 2011). En él hay un aparte que presenta la identificación de regiones funcionales. Este estudio, junto con el que realizó Financiera de Desarrollo Territorial S.A, llamado Diamante Caribe y Santanderes (Financiera de Desarrollo Territorial S.A, 2014), son los que la actual gobernación del Magdalena está empleando para conocer las regiones funcionales en del departamento, tal como puede constatarse en el Plan de Desarrollo Departamental 2016-2019 (Gobernación del Magdalena, 2016, pág. 17). Sin embargo, como ya se dijo en la sección de antecedentes, los resultados de nuestra investigación, son más completos, pues, su nivel de análisis geográfico llega hasta el corregimiento; lo cual, no es evidente en los estudios, en los que se basa la gobernación del Magdalena para hacer el diagnóstico de la dimensión territorial (Gobernación del Magdalena,

2016, pág. 17). Esto pone de relieve, la pertinencia de los resultados de la presente investigación, para la planeación territorial, ya que éstos permiten dentro del desarrollo de políticas territoriales, con enfoque de regiones funcionales, incluir el componente rural a partir de los corregimientos.

El análisis del componente rural, en la planeación del territorio a partir de regiones funcionales identificadas, permite reconocer los lugares centrales que operan como mercados locales para los productos que ofrecen los campesinos, ganaderos y pescadores, de la región; así como, la identificación de lugares centrales o nodos, que ofrecen a los campesinos, ganaderos y pescadores, insumos y tecnologías necesarias para llevar a cabo sus actividades de producción (Rondinelli, 1988). En este sentido, una política pública que se debe privilegiar, en términos de desarrollo regional, a partir de los resultados de esta investigación, es el mejoramiento de la malla vial secundaria y sobre todo terciaria, que permita a los campesinos, ganaderos y pescadores del norte del departamento del Magdalena, sacar sus productos a los lugares centrales primarios y secundarios identificados en este estudio (por inspección ocular del investigador, mientras se hacían las encuestas, fue posible constatar las pésimas condiciones en que se encuentra la malla vial terciaria que conecta muchos de los corregimientos, entre sí, con sus cabeceras, y de paso, con los lugares centrales identificados en la investigación). La peor conectividad, en vías terciarias, la tienen los corregimientos del municipio de Pivijay; siendo éste, el municipio que mayor número de corregimientos tiene (16 corregimientos) en el norte del Magdalena. Al mejorar la malla vial secundaria y terciaria, disminuirán los costos y tiempos de transporte, lo cual, haría más competitivo los productos de la región en los mercados locales.

Por último, los resultados del estudio soportan el diseño de una micro-regionalización, con la cual se puede acercar más la administración del Estado a la realidad territorial local, con impacto en el desarrollo potencial de una región que en el pasado fue objeto del conflicto interno armado. En los años noventa, el conflicto armado se había agudizado en la Sierra Nevada de Santa Marta, lugar en donde los paramilitares se disputaban con la guerrilla, los espacios; esto trajo consigo asesinatos selectivos, masacres y desapariciones (Echandía Castilla, s.f). El conflicto se irradió a otras partes del norte del Magdalena, llegando a municipios que fueron contemplados en esta investigación, como la Zona Bananera y Salamina, entre otros (Cantillo, 2012). De hecho, durante la recopilación de las encuestas, se pudo ver por inspección ocular del investigador (existe registro fotográfico), un corregimiento donde la mayoría de las casas estaban abandonadas (parecía un pueblo fantasma), por causa de desplazamiento forzoso durante el conflicto. De esta manera, el desarrollo rural integral (entre lo que cabe la mejora a la infraestructura vial terciaria bajo un diseño de micro-regionalización), en la época del posconflicto, se convierte en una herramienta que aporte a la construcción de paz (Oficina del alto comisionado para la paz, 2016)

Bibliografía

- Alcaldía de Ciénaga. (s.f.). *Plan de Ordenamiento Territorial- componente estructural*.
- Alcaldía de Fundación. (2000). *Plan estructurante territorial Fundación siglo XXI*.
- Alcaldía de Pivijay . (s.f.). *Diagnóstico general del plan básico de ordenamiento territorial, 2000-2009*.
- Araúz, C. (2009). *Problemas y conjeturas de la teoría de grafos*. Barcelona: Universidad de Barcelona.
- Asuad, N. (2014). *Teorías de la distribución espacial de las actividades económicas*.
- Barnes, T. (2012). Reopke Lecture in Economic Geography: Why the History of Economic Geography Matters: The Case of Central Place Theory. *ECONOMIC GEOGRAPHY*, 88(1), 1-26.
- Becerra, L. G. (2013). Microeconomics Approaches in the Christaller's Central Places Theory. *Ensayos sobre Política Económica (ESPE)*, 31(70), 60-120.
- Berliant, M., & LaFountain, C. (s.f). Space in General Equilibrium.
- Buckley, R., & Buckley, T. (2009). Discontent with the World Bank's excursion into economic geography: lions and butterflies once more? *Environment and Planning*, 41, 2806 - 2815.
- Cantillo, L. M. (2012). Informe del conflicto en el Magdalena: los subregistros y la impunidad. *Revista de Estudios Sociales*(42), 160-163.
- Ciegis, R., Pareigis , R., & Burgis, D. (s.f). Analysis of new economic geography and W. Christaller central place theory. *Human resources - The main factor of reginal development*(5), 77-83.
- Conejero , A., & Jordán, C. (s.f). Aplicaciones de la teoría de grafos a la vida real. Universidad Politécnica de Valencia.
- Cuadrado, J. R. (2012). ¿Es tan "nueva" la "nueva geografía económica"? *Sus aportaciones, sus límites y su relación con las políticas*. Universidad de Alcalá . Instituto Universitario de análisis económico y social .
- Daniels, M. (2007). CENTRAL PLACE THEORY AND SPORT TOURISM IMPACTS. *Annals of Tourism Research*, 34(2), 332–347.
- Departamento Nacional de Planeación DNP. (2011). *Visión Magdalena 2032: Un mundo de oportunidades*. Bogotá.
- Duranton, G. (2015). A Proposal to Delineate Metropolitan. *Desarrollo y Sociedad*(75), 223-264.
- Duranton, G., & Rodríguez, A. (2005). When economists and geographers collide, or the tale of the lions and the butterflies. *Environment and Planning*, 37, 1695 - 1705.
- Echandía Castilla, C. (s.f). La vioencia en el conflicto armado durante los años 90. *Orden Público*, 229-246.

- Financiera de Desarrollo Territorial S.A. (2014). *Diamante Caribe y Santanderes*. Bogotá: Findeter.
- Garretsen, H., & Martin, R. (2010). Rethinking (New) Economic Geography Models: Taking Geography and History More Seriously. *Spatial Economic Analysis*, 5(2), 127-160.
- Garza, N., & Pugliese, G. (2008). Algunos problemas de interpretación en la nueva geografía económica. *Cuadernos de Economía*, 27(48), 143-171.
- Gobernación del Magdalena. (2016). *Magdalena social es la vía. Plan de Desarrollo 2015-2019*. Santa Marta.
- González, F. J. (2004). *Apuntes de matemática discreta*. Cádiz: Universidad de Cádiz.
- Jordán, C. (s.f). Conceptos básicos en la teoría de grafos. Universidad Politécnica de Valencia.
- Lal, M., & Kumar Pathak, V. (2011). Assumptions of Central Place Theory and Gravity Models with Special Reference to Consumer Spatial Behaviour. *Journal of Management & Public Policy*, 2(2), 99-108.
- López Pineda, L. F., & Sáenz Zapata, J. A. (2014). *La subregión del Canal del Dique: Un mar de necesidades en un océano de riqueza*. Cartagena: Cámara de Comercio de Cartagena.
- Martin, R., & Sunley, P. (1996). Paul Krugman's Geographical Economics and Its Implications for Regional Development Theory: A Critical Assessment. *Economic Geography*, 72(3), 259-292.
- Martinez, M. (2012). Fundamentos y aplicaciones de la teoría de grafos. Grafos eulorianos y hamiltonianos. Diagramas en árbol. (2 da parte). (28), 132-137. Publicaciones didácticas.
- Mulligan, G., & Carruther, J. (2012). Central place theory and its reemergence in regional science. *Springer-Verlag*, 48, 405-43.
- Oficina del alto comisionado para la paz. (2016). *Los planes de desarrollo territoriales como un instrumento de construcción de paz*.
- Ottaviano, G., & Francois, J. (2005). New economic geography: what about the N? *Environment and Planning*, 37, 1707 - 1725.
- Quintana, L., & Salgado, U. (2016). Migración interna mexicana de 1990-2010: un enfoque desde la Nueva Geografía Económica. *Revista Problemas del Desarrollo*, 187(47), 137-162.
- Rojas, D. M. (2003). *Teoría de grafos y sus aplicaciones con el tagram*. Bogotá: Fundación universitaria Korand Lorenz.
- Rondinelli, D. A. (1988). *MÉTODO APLICADO DE ANÁLISIS REGIONAL la dimensión espacial de la política de desarrollo*. Colombia : Banco Central Hipotecario .
- Smith, J., & Floyd, M. (2013). The urban growth machine, central place theory and access to open space. *City, Culture and Society*, 4, 87-98.

Vélez ,J. E. (2008). Los procesos de aglomeración en Colombia a la luz de la nueva geografía económica. *Ensayos sobre Política Económica*, 27(58), 106-139.

West, D., Von Hohenbalken, B., & Krone, K. (1985). TESTS OF INTRAURBAN CENTRAL PLACE THEORIES. *The Economic Journal*, 95, 101-117.